

**DE29922560U**

**Patent number:** DE29922560U  
**Publication date:** 2000-03-16  
**Inventor:**  
**Applicant:** FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01B7/16; G01K3/14; G01L1/22; G01L5/00; H05K1/16;  
G01B7/16; G01K3/00; G01L1/20; G01L5/00; H05K1/16;  
(IPC1-7): G01B7/16; H05K1/03  
- **european:** G01B7/20; G01K3/14; G01L1/22E; G01L5/00M8C;  
H05K1/16  
**Application number:** DE19992022560U 19991222  
**Priority number(s):** DE19992022560U 19991222

**Report a data error here**

Abstract not available for DE29922560U

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ **Gebrauchsmusterschrift**  
⑯ **DE 299 22 560 U 1**

⑯ Int. Cl. 7:  
**G 01 B 7/16**  
H 05 K 1/03

DE 299 22 560 U 1

⑯ Aktenzeichen: 299 22 560.7  
⑯ Anmeldetag: 22. 12. 1999  
⑯ Eintragungstag: 16. 3. 2000  
⑯ Bekanntmachung im Patentblatt: 20. 4. 2000

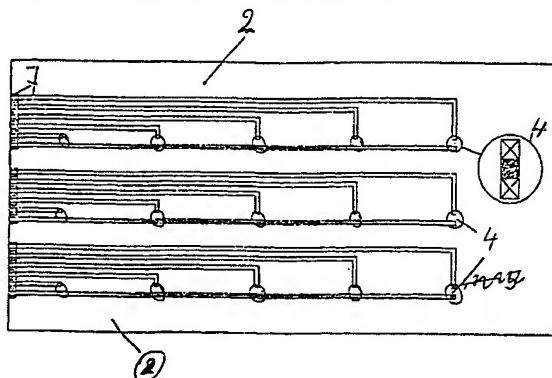
⑯ Inhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

⑯ Vorrichtung zur flächigen Messung von Betriebszustandsgrößen bei Maschinenkomponenten

⑯ Vorrichtung zur Messung von Betriebszustandsgrößen an der Oberfläche von mechanischen Komponenten dadurch gekennzeichnet, dass auf einem verformbaren flexiblen Träger mehrere Dünnschichtwandler einschließlich der erforderlichen Kontakt- und Schaltkreiselemente so angeordnet sind, dass sie eine geometrisch an die Komponente angepasste Messmatrix bilden, die aus einem oder mehreren Subsystemen besteht und die eine flächige Messung erlaubt.



DE 299 22 560 U 1

**Gebrauchsmusteranmeldung**

**Vorrichtung zur flächigen Messung von  
Betriebszustandsgrößen bei Maschinenkomponenten**

**Erfinder:** Prof. Dr.-Ing. Henning Genschow,

Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, Salzdahlumerstr. 46-48,  
38302 Wolfenbüttel

Prof. Dr.-Ing. Holger Gerloff,

Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, Salzdahlumerstr. 46-48,  
38302 Wolfenbüttel

Dipl.- Ing. Holger Lüthje,

Fraunhofer-Institut Schicht- und Oberflächentechnik, Bienroder Weg 54  
E, D-38108 Braunschweig

DE 29922560 U1



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Betriebszustandsgrößen bei Maschinen- und Werkzeugkomponenten. Sie ist gekennzeichnet durch einen verformbaren und damit der jeweiligen Oberflächengestalt der Maschinenkomponente anpassbaren dünnen Träger und mehreren, darauf in Dünnschichttechnik hergestellten Wählern, die flächig bzw. räumlich über die Vorrichtung verteilt sind, sowie zugehörige Schaltkreis- und Verbindungselemente.

Durch die erfindungsgemäße modularartige Gestaltung der Vorrichtung, lassen sich grössere Messfelder bedienen, da die Vorrichtung auch in Form von Bändern mit einer Länge von mehreren Metern vorliegen kann. Die Vorrichtung ist durch eine matrixartige Anordnung der einzelnen Sensormessgebiete gekennzeichnet, wobei jeweils mehrere der Messgebiete zu einem Subsystem mit eigener elektrischer Verdrahtung zusammengefasst werden. Auf diese Weise kann die Vorrichtung in ihren äusseren Abmessungen auf die jeweilige Grösse der zu messenden Oberfläche einer mechanischen Komponente zugeschnitten werden.

Eine andere erfindungsgemäße Ausführung ist die spezifisch angepasste Gestaltung der Vorrichtung. Die äusseren Abmessungen der Vorrichtung sowie die Art und die Anordnung der Wandler sind der zu messenden Oberfläche der mechanischen Komponente angepasst.

Derartige Vorrichtungen dienen der messtechnischen Untersuchung von mechanischen Komponenten sowie der Kontrolle und Regelung von Maschinen. Ein wesentliches Problem bei der Realisierung von Maschinen mit Präzisionsbewegungen (Werkzeug-, Fertigungs-, Montage-, Mess- und Handhabungsmaschinen sowie Produktionsmaschinen für die Fertigung mechanischer Bauteile) ist die Konstanz z.B. der thermischen Einflüsse von Maschinen. Dabei genügt es nicht, die Raum- und Umgebungstemperatur konstant zu halten. Vielmehr verlangen innovative Produktionsstätten ein umfassendes Monitoring der Maschinenzustände, wobei eine möglichst ortaufgelöste Messung gewünscht wird.

Eine großflächig angelegte Messung mit hoher Ortsauflösung von z.B. Temperatur, Kraft und/oder Torsion kann in vielen Fällen durch Extrapolation eine Aussage von extremen lokalen Belastungen ermöglichen, die messtechnisch nicht direkt zugänglich sind. Hierzu bedarf es geeigneter Sensoren, die in Form eines sensorischen Netzwerkes einfach auf das zu kontrollierende Maschinenbauteil aufgebracht werden können.

In der Vergangenheit hat sich die Anwendung von DMS – Dehnungs-Meß-Streifen- auf Maschinenkomponenten in Form von Foliensubstraten durchaus bewährt. Die Verbindung mit dem Bauteil erfolgt mittels eines Klebers. Der Nachteil der bekannten Technik ist jedoch, dass sich damit keine ausgedehnten Oberflächen mit höherer Auflösung, d.h. mit einer grösseren Dichte der Messpunkte messen lassen.

Einen Überblick über die bekannten Verfahren wird z.B. in: Sensoren für die Produktionstechnik, Autoren: W.Adam, M. Busch und B. Nickolay erschienen im Springer-Verlag 1997 gegeben.

DE 29922560 U1

Zum Stand der Technik bei der Applizierung von DMS sei auf die DE 4320666 verwiesen, die einen Dehnungsmessstreifen auf einer Trägerfolie beschreibt, wobei auf der anderen Seite der Trägerfolie eine mikroverkapselte Klebstoffschicht angebracht wurde.

Neben flexiblen Schaltungsträgern, die zum Stand der Technik zählen, wie z.B. DE 3411973 wird in der DE 3734608 eine Sensorfolie beschrieben, die aus einer sensitiven Verbundfolie besteht, die bei Ausnutzung unterschiedlicher Wirkmechanismen als Indikator für Feuchtigkeit, Füllstand, Dehnung, Druck und Bewegung einsetzbar ist. Diese Erfindung beschreibt eine Verbundfolie die unter Verwendung von Metalloxiden und Polymeren aufgebaut wird. Durch Nutzung unterschiedlicher Effekte, die in einer Funktionsschicht auftreten, die im Grenzbereich zwischen einem mit Metalloid pigmentierten Polymer und einem modifizierten polykristallinen Metalloid auftreten, wird eine Umwandlung nichtelektrischer Größen in elektrische Signale erreicht. Die beschriebene Sensorfolie beruht auf einem gegenüber der vorliegenden Erfindung vollständig verschiedenen Prinzip und hat den Nachteil, dass sie nur als Indikator und nicht als hochgenaues Messmittel einsetzbar ist. Außerdem sind in der Erfindung keine Angaben zur flächigen Messung an Maschinenkomponenten enthalten.

Aufgabe der Erfindung ist es diese Nachteile abzustellen und eine Vorrichtung vorzuschlagen, die sowohl auf ausgedehnte ebene, als auch auf 3-dimensionale, nicht ebene Oberflächen von mechanischen Komponenten angewandt werden kann und die aufgrund ihrer modularen Gestaltung auf einfache Weise geometrisch an das jeweilige Messobjekt angepasst werden kann.

Unter mechanischen Komponenten werden anmelderseitig mechanische Bauteile für Maschinen jeder Art verstanden, sowie Werkzeuge, Konstruktionselemente und Gehäuse.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einem flexiblen Substrat, das auf einer oder auf beiden Oberflächen elektrische Schaltkreise und Wandler in Dünnschichttechnik enthält sowie entsprechende Kontakt-, Löt-, Schweiss- und/oder Bondstellen. Die Vorrichtung kann mit integrierten Signalverarbeitungs- und Versorgungslelementen ausgerüstet sein. Üblicherweise wird die Vorrichtung jedoch an externe Mess-, Steuerungs- und Versorgungsgeräte angeschlossen. Weitere Merkmale der Vorrichtung sind mehrlagige Substrate, wo der zentrale flexible Träger ein oder beidseitig mit zusätzlichen Folien oder Schichten bedeckt ist, z.B. durch auflaminieren/ kleben oder durch Anwendung einer Belackung und/oder einer plasmapolymeren Schicht.

Die Verwendung von einer Vielzahl von Dünnschichtsensoren in einer matrixartigen Anordnung ermöglicht eine grossflächige Monitorierung von Oberflächenzuständen. Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass unterschiedliche Wandler in Dünnschichttechnik auf der flexiblen Trägerfolie aufgebracht werden können und dass die Messpunkte in einer definierten Zuordnung zueinander und zur Oberfläche der zu messenden Komponente appliziert werden können. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Ausführung der Vorrichtung ist die netzartige Verschaltung der einzelnen Wandler, wodurch die Anzahl der elektrischen Verbindungen auf dem flexiblen Träger und die Zahl der Kontaktstellen nach aussen wesentlich reduziert werden kann. Darüberhinaus kann die Vorrichtung in einer vorteilhaften Ausführung mit elektronischen Bauelementen in bekannter Technik bestückt werden, die eine Signalverarbeitung direkt auf dem flexiblen Träger ermöglichen und die in einer

DE 29022560 U1



weiteren Ausführung auch eine telemetrische Signal- und Versorgungsübertragung nach aussen ermöglichen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht in einer bevorzugten Ausfertigung aus einer Kunststofffolie mit einer entsprechenden strukturierten Beschichtung, vorteilhafter Weise aus einer Polyimid-Folie, deren Dicke im Bereich von 5000 µm bis 1µm liegt. Ein besonders geeigneter Bereich liegt zwischen 500µm und 5µm. Es ist jedoch auch möglich, eine metallische oder keramische flexible Platte zu nehmen, die im Falle der elektrischen Leitfähigkeit zumindest auf einer Oberfläche mit einer elektrisch isolierenden Schicht oder einem Schichtsystem versehen wird.

Diese Träger-Folie weist auf der einen Oberfläche ein Dünnschichtmetallisierung auf, die aus einer Einzelschicht oder aus einem Schichtsystem bestehen kann. In einer vorteilhaften Ausführung z.B: aus Titan oder Chrom mit einer Dicke im Bereich von 10nm bis 500 µm, wobei günstige Dicken im Bereich von 10 nm bis 1000nm liegen. Die Dünnschichtmetallisierung kann jedoch auch aus z.B. einer Haftsicht, z.B Chrom und einer elektrischen Funktionsschicht , z.B. Aluminium, Kupfer und/oder Gold oder Platin bestehen und zur Passivierung eine weitere Schicht z.B. eine plasmapolymerische Schicht tragen. Die Herstellung der Schicht, bzw. der Schichtenfolge kann z.B. mit Hilfe von PVD-( Physical Vapor Deposition) oder CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition) , sowie elektrochemischen Verfahren erfolgen. Vorteilhafter Weise wird hierzu ein Sputterverfahren angewandt.

Die Dünnschichtmetallisierung ist in der erfindungsgemäßen Ausgestaltung mit einer Struktur versehen, die z.B. auf der einen Oberfläche durch Anwendung von fotolithographischen und/oder laserablativen Verfahren erzeugt wird. Dabei werden durch geeignete Variation der Strukturdimensionen niederohmige Leiterbahnen und höherohmige Wandlerelemente aus nur einer Dünnschicht hergestellt, wobei die Herstellung der Wandler oder zumindest der Abgleich bei gleichzeitiger elektrischer Messung der Schaltkreiselemente und entsprechender Nachregelung des Lasers erfolgt.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung werden beide Oberflächen des flexiblen Trägers mit einer Metallisierung versehen, wobei eine dünne, für die jeweiligen Wandler optimale Metallisierung auf einer Oberfläche zur Herstellung der Wandlerstrukturen verwandt wird und eine für die elektrischen Leiterbahnen und Kontaktflächen optimale niederohmige Metallisierung auf der anderen Oberfläche zur Herstellung der Schaltkreiselemente verwandt wird. Die Verbindung beider Ebenen erfolgt mit Hilfe bekannter Durchkontaktierungsverfahren.

Da die Vorrichtung auf der Wandlerseite thermisch und mechanisch innig mit der zu messenden Oberfläche einer mechanischen Komponente in Verbindung gebracht werden soll, auf der anderen Seite eine elektrische Isolierung und Passivierung erforderlich ist, wird erfindungsgemäß eine dünne Folie , z.B. Polyimidfolie der Fa. DuPont Dicke 5µm, auf die Wandlerseite Oberfläche auflaminert oder es wird unter Anwendung von bekannten Plasmabeschichtungsverfahren eine Plasmapolymerische Schicht aufgetragen. Die Dicke kann 0,5 µm bis 50µm betragen.

Auf der zweiten Oberfläche des flexiblen Trägers kann ebenfalls eine Folie auflaminiert werden, die dem mechanischen Schutz der Vorrichtung dient und/oder die zur Montage der Vorrichtung an der zu messenden mechanischen Komponente verwandt werden kann.

DE 299 22 560 U1



Ebenso kann die Vorrichtung auf der Rückseite mit einer stabilen Deckplatte verbunden werden. Diese kann die Vorrichtung vor mechanischen, chemischen und/oder thermischen Belastungen schützen. Sie kann so gestaltet sein, dass sie mit der zu messenden Oberfläche der mechanischen Komponente, z.B. durch Schrauben oder Kleben verbunden werden kann und ihrerseits die Vorrichtung zumindest an den Messstellen elastisch gegen die zu messende Oberfläche drückt. Auch kann sie Komponenten der elektrischen Schaltung aufnehmen.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele anhand von Zeichnungen erläutert:

Es zeigt

- Figur 1 : Vorrichtung mit einer einseitig applizierten Schaltungsanordnung besteht aus Wandlerelementen, Leiterbahnen und Kontaktflächen.
- Figur 2: Detail eines thermorestiven Wandlers mit Durchkontaktierungsflächen
- Figur 3 Subsystem mit geometrisch optimierten Leiterbahnbreiten
- Figur 4: Vorrichtung in einer modularen Ausführung
- Figur 5 Oberflächen angepasste Vorrichtung durch Ausschneiden der gewünschten Form.
- Figur 6 Ansicht der Vorrichtung mit auf der Vorderseite angebrachten Wandlerstrukturen
- Figur 7 Ansicht der Rückseite der Vorrichtung mit Durchkontaktierungen und elektrischen Schaltungselementen
- Figur 8 Querschnitt durch eine Trägerfolie mit einseitiger Schaltungsebene
- Figur 9 Querschnitt durch eine Vorrichtung mit beidseitiger Metallisierung
- Figur 10 Querschnitt durch eine Vorrichtung mit Isolations- und Schutzbeschichtung
- Figur 11 Längs- und Querschnitt durch die Vorrichtung mit zusätzlicher Deckplatte, die die Vorrichtung an den Messstellen elastisch gegen die zu messende Oberfläche drückt.

#### Bezugszeichenliste:

- 1 Vorrichtung
- 2 Flexible Träger bestehend aus der Trägerfolie und zusätzlichen auflaminierten Folien und/oder Beschichtungen
- 3 Trägerfolie
- 4 Wandler

DE 299 22560 U1

- 5 Durchkontaktierung
- 6 Schaltkreiselement
- 7 Kontaktelement
- 8 Isolations/Passivierungsschicht/Schutzschicht
- 9 Mechanischer Schutzkörper
- 10 Thermoresitiver Sensor
- 11 Deckplatte
- 12 Federkörper
- 13 Schraubverbindung
- 14 Verbindung durch löten, schweissen und/oder kleben.

## Ansprüche

1. Vorrichtung zur Messung von Betriebszustandsgrößen an der Oberfläche von mechanischen Komponenten dadurch gekennzeichnet,  
dass auf einem verformbaren flexiblen Träger mehrere Dünnschichtwandler einschliesslich der erforderlichen Kontakt- und Schaltkreiselemente so angeordnet sind, dass sie eine geometrisch an die Komponente angepasste Messmatrix bilden, die aus einem oder mehreren Subsystemen besteht und die eine flächige Messung erlaubt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der flexible Träger eine Folie ist, die zumindest an den Messstellen mit der Oberfläche der mechanischen Komponente verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1-2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Folie aus einem polymeren Basismaterial besteht, insbesondere Polycarbonat und/oder Polyimid.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1-3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der flexible Träger aus einer oder mehreren, miteinander verbundenen Lagen besteht, wobei einzelne Lagen auf einer oder auf beiden Seiten mit einer Dünnschichtstruktur versehen werden.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die einzelnen Lagen unterschiedliche Dicken aufweisen können.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die einzelnen Lagen unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften aufweisen können.
7. Vorrichtung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die einzelnen Lagen durch kleben und/oder löten und/oder elektrostatische und/oder thermokompressive Verbindungen miteinander verbunden sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1-7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der flexible Träger aus einem elektrisch isolierenden Material besteht oder zumindest eine Oberfläche des Trägers mit einer elektrisch isolierenden Schicht versehen ist.

DE 29922560 U1



9. Vorrichtung nach Anspruch 1-8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandler aus thermoresistiven Dünnschichtsensoren bestehen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1-9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandler und Leiterbahnen nur aus einem Schichtmaterial bestehen,  
wobei niederohmige Verbindungsleitungen und hochohmige Wandler durch  
entsprechende Gestaltungen der Strukturgeometrien gebildet werden.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1-10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandler und die elektrischen Schaltkreiselemente getrennt auf den  
beiden Oberflächen des flexiblen Trägers angeordnet werden und die  
Verbindung durch Durchkontaktierungen erfolgt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 1-11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandlermatrix aus unterschiedlichen Dünnschichtsensoren,  
insbesondere thermoresistive Sensoren und Dehnungsmesssensoren besteht, die  
zur lokalen Messung von Temperaturen und Verformungen der Komponente  
verwandt werden können.
13. Vorrichtung nach Anspruch 1-12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandlermatrix aus thermoresistiven und/oder thermoelektrischen  
Sensoren besteht.
14. Vorrichtung nach Anspruch 1-13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandler in ihrer Geometrie, der lokalen Dichte, der Art und der  
Anordnung dem jeweiligen Messproblem angepasst werden.
15. Vorrichtung nach Anspruch 1-14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wandler aufnehmende Oberfläche des flexiblen Trägers mit der zu  
messenden Oberfläche der mechanischen Komponente verbunden wird.
16. Vorrichtung nach Anspruch 1-15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen der die Wandler aufnehmenden Oberfläche des flexiblen Trägers  
und der zu messenden Oberfläche der mechanischen Komponente eine dünne  
elektrisch isolierende Folie und/oder Zwischenschicht, insbesondere eine  
plasmapolymerische Schicht, angeordnet wird.

- 17. Vorrichtung nach Anspruch 1-16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Vorrichtung auf der Rückseite mit einer stabilen Deckplatte verbunden  
ist, die aus einer Platte oder Hüllkörper besteht und die die Vorrichtung gegen  
mechanische, chemische und/oder thermische Belastungen schützt.
- 18. Vorrichtung nach Anspruch 1-17,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Deckplatte Komponenten der elektronischen Schaltung aufnimmt.
- 19. Vorrichtung nach Anspruch 1-18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Deckplatte so gestaltet ist, dass sie die Vorrichtung elastisch gegen die  
zu messende Oberfläche einer mechanischen Komponente drückt.
- 20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-19,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass auf der Vorrichtung ein oder mehrere elektronische Bausteine wie  
Mikrochip(s) für die elektronische Signalverarbeitung der ermittelten Messwerte  
angeordnet sind.
- 21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-20,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass auf der Vorrichtung ein oder mehrere elektronische Bausteine je Subsystem  
und/oder Matrix-Modul für die elektronische Signalverarbeitung der ermittelten  
Messwerte angeordnet sind.
- 22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-21,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Signal und/oder Energieübertragung zwischen der Vorrichtung und  
einem Signalverarbeitungsgerät telemetrisch erfolgt.

22.12.99

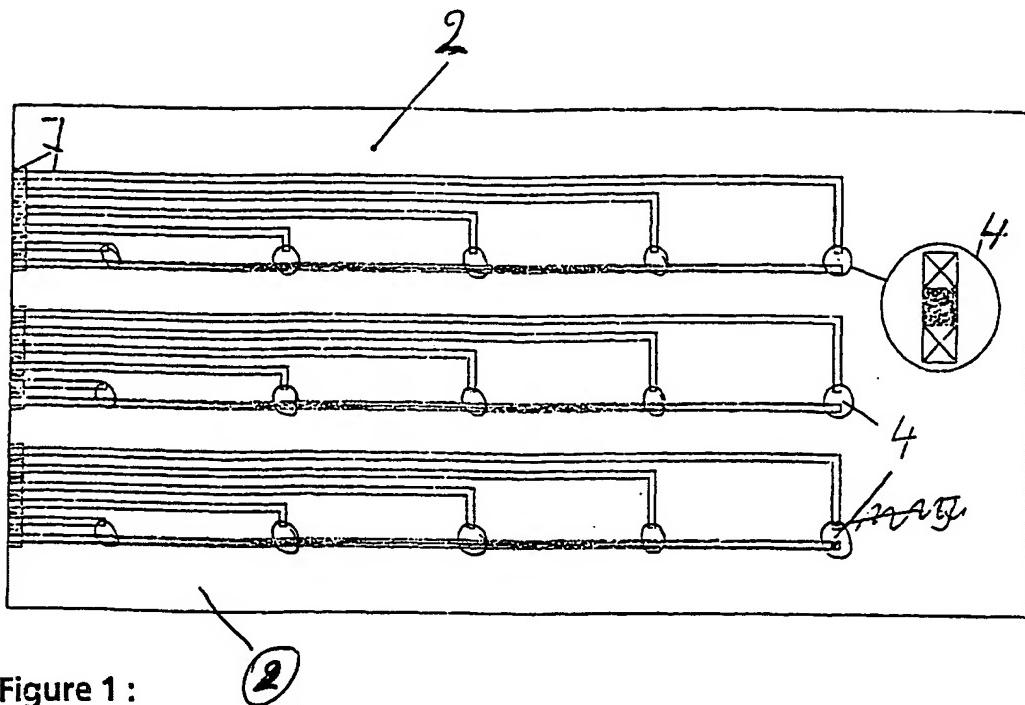


Figure 1 :

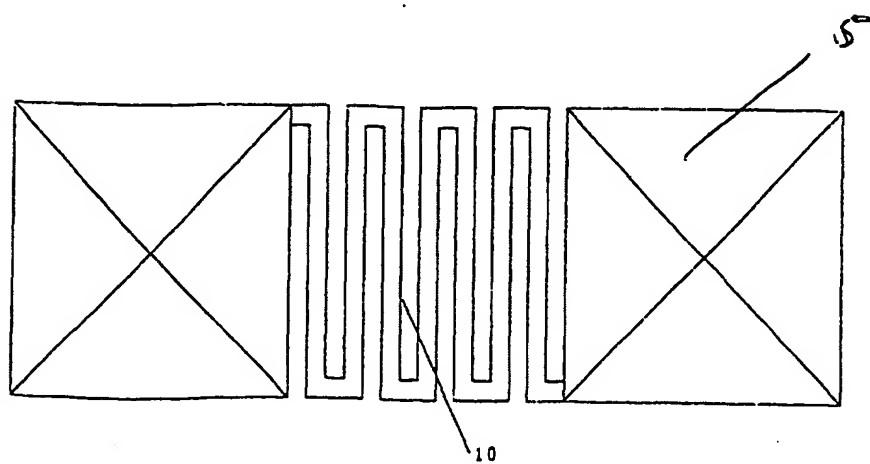


Figure 2:

DE 299 22 560 U1

22.12.99

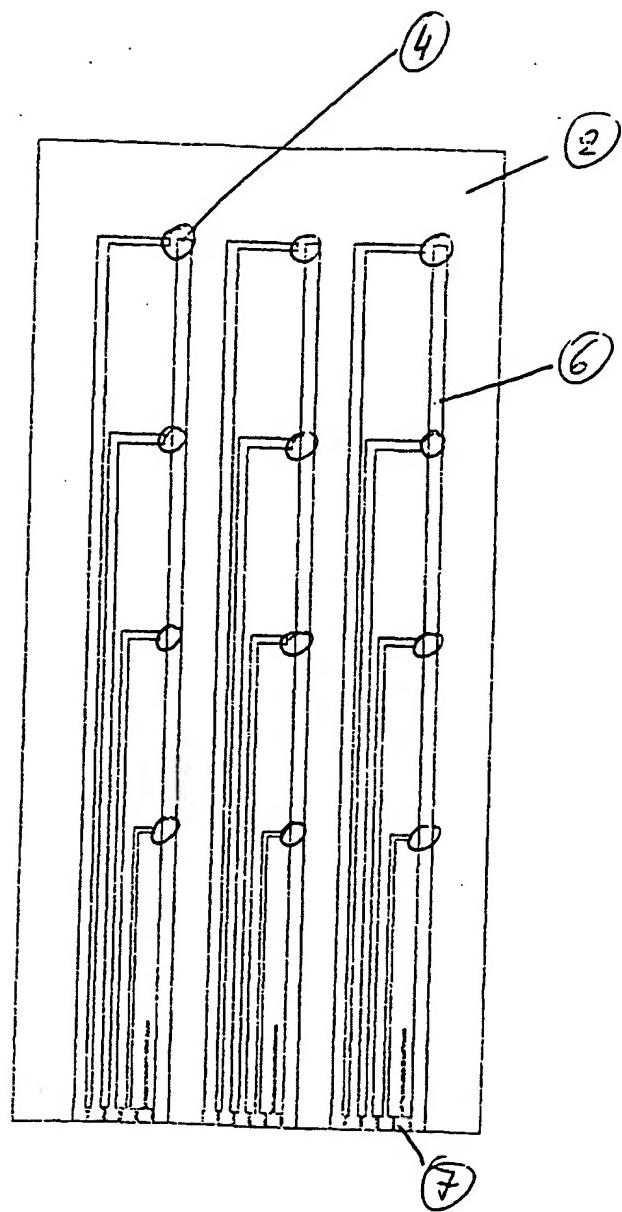


Figure 3

DE 299 22 560 U1

22.12.99

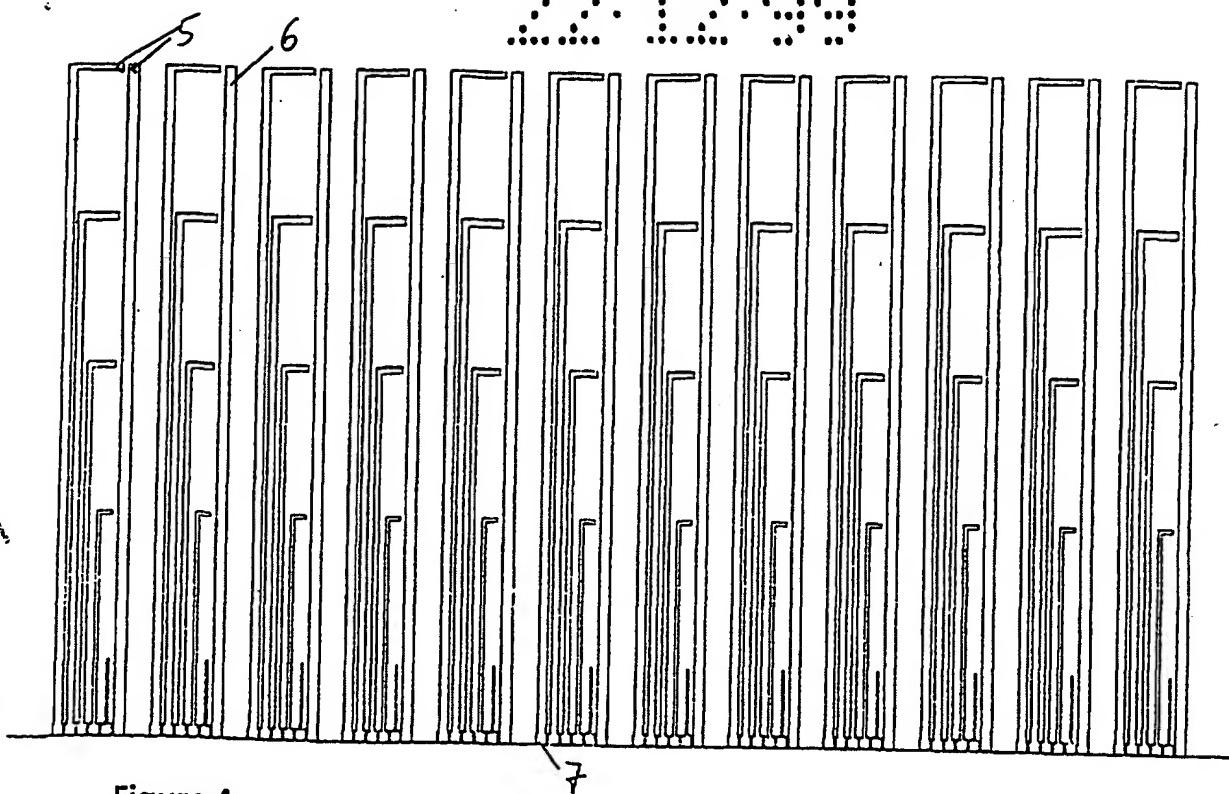


Figure 4:

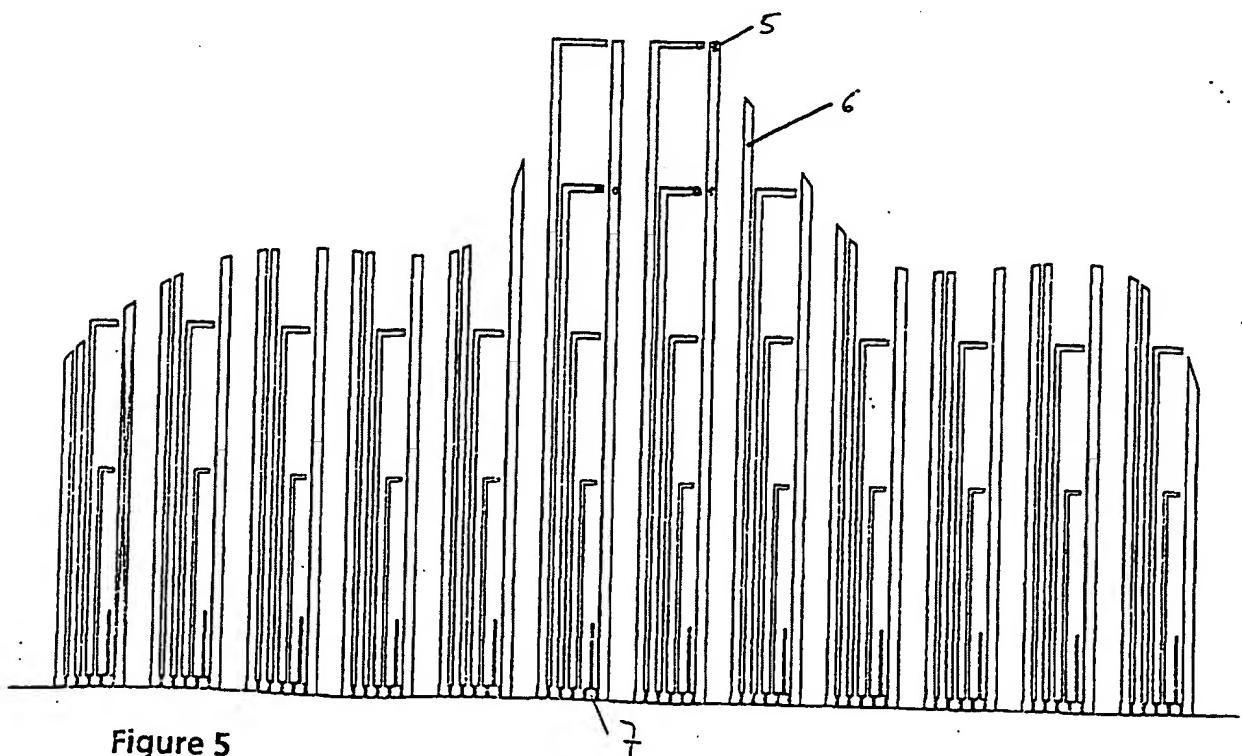


Figure 5

DE 299 22 560 U1

22.12.99

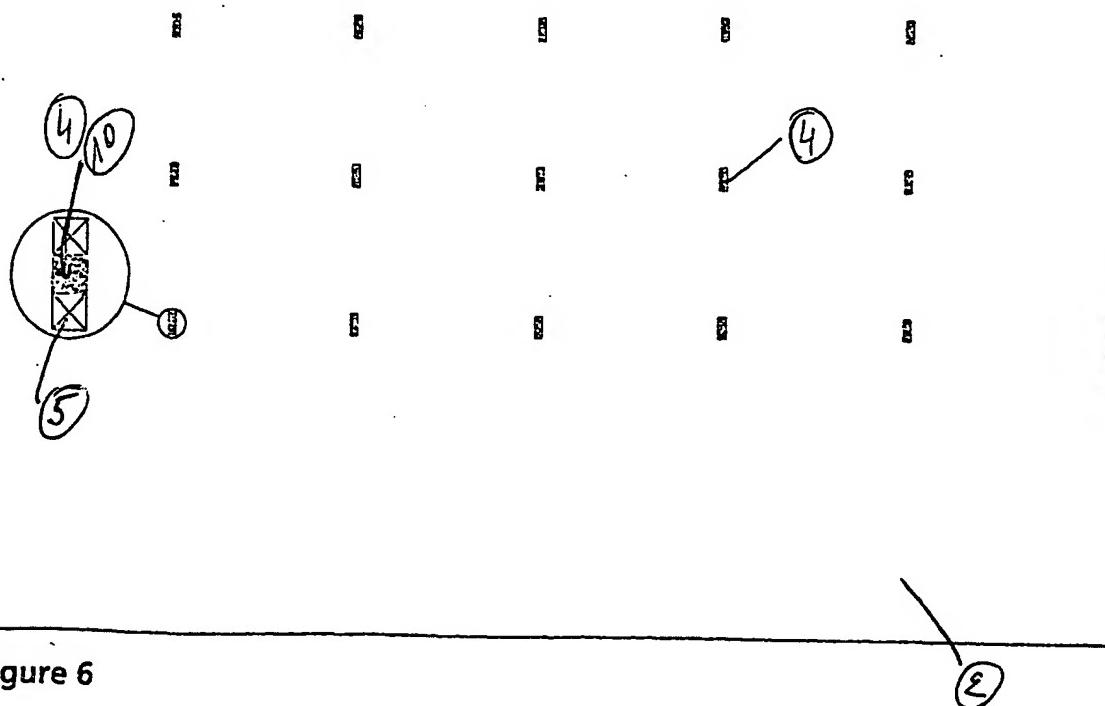


Figure 6

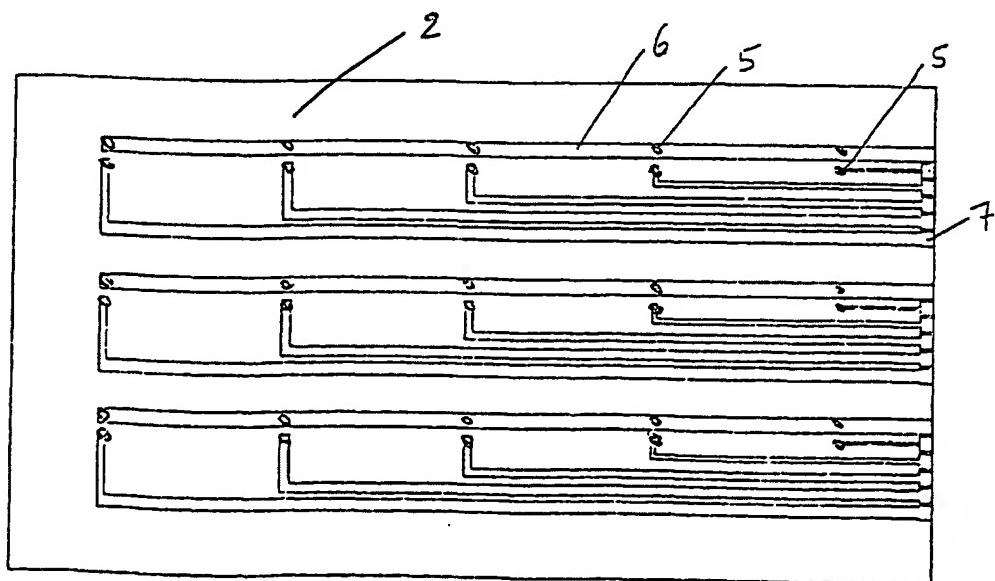


Figure 7

DE 299 22 560 U1

22.12.99

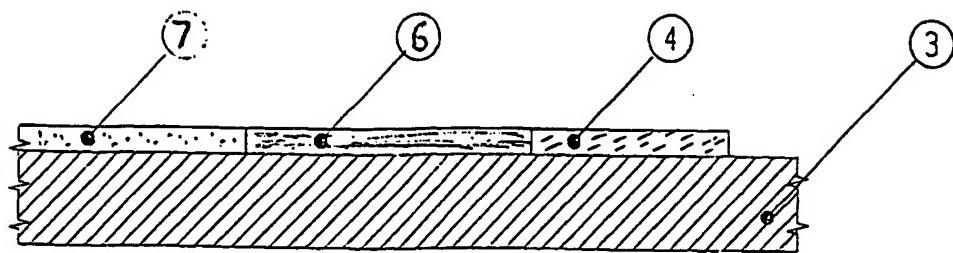


Figure 8

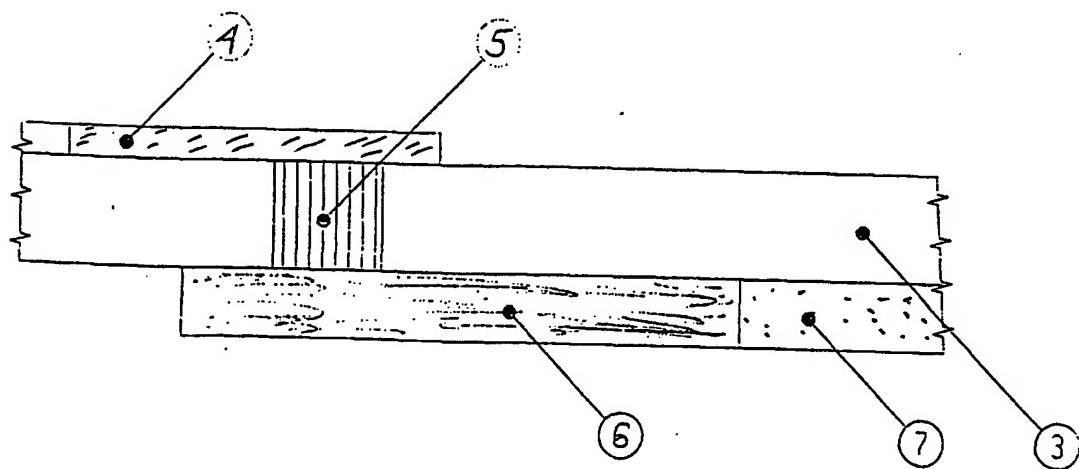


Figure 9

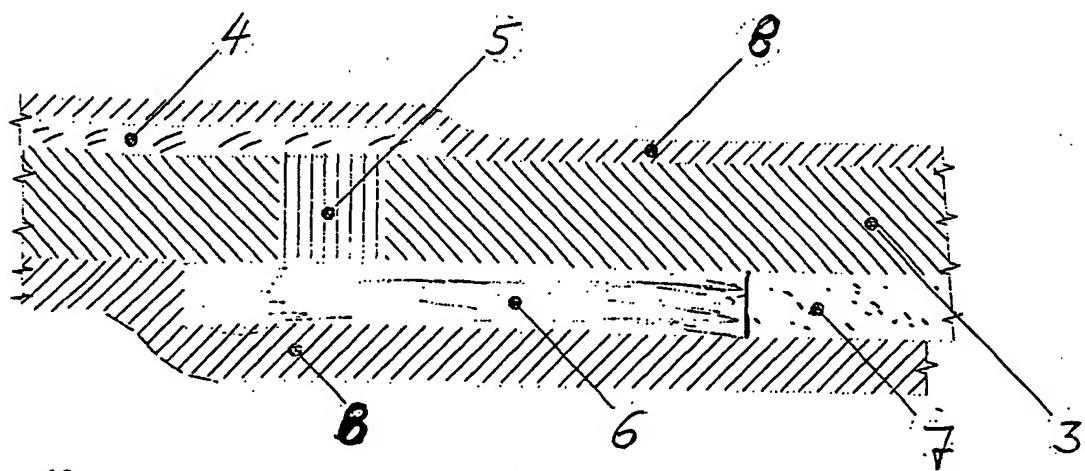


Figure 10

DE 299 22 560 U1

22.12.99

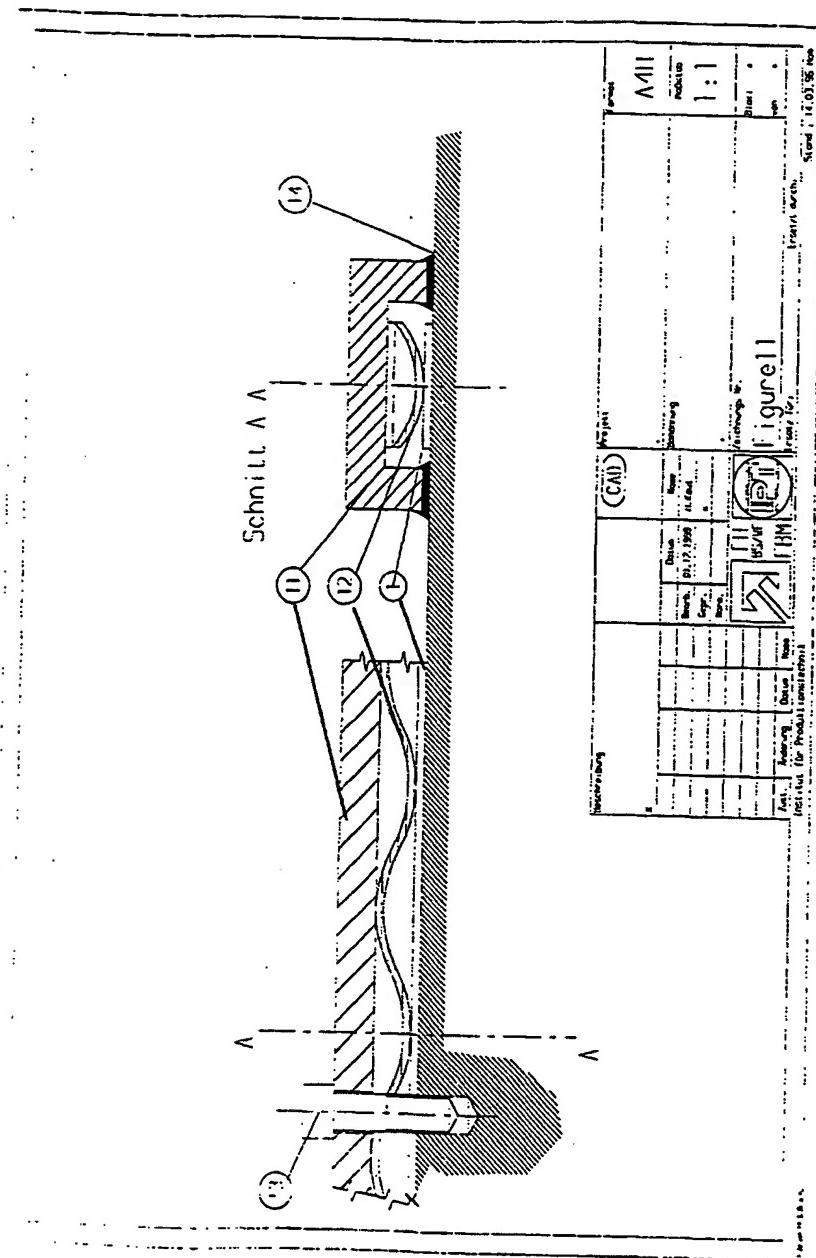


Figure 11

DE 299 22 560 U1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**